

Результаты испытаний техники РТР на сетях ведущих операторов мобильной связи Украины

Ключевые слова: частотная синхронизация, протокол прецизионного времени (PTP), совокупность параметров для электросвязи, пакетная перевалочная сеть мобильной связи.

Савчук А.В.,
технический директор
компании "ВИРКОМ", к.т.н.,
savas@wircom.com.ua

Введение

Начало краткой, но насыщенной истории протокола прецизионного времени (Precision Time Protocol — PTP) приходится на 1990-е годы. К тому времени стало ясно, что возможности старейшего приложения глобальной сети Интернет — протокола сетевого времени (Network Time Protocol — NTP) в виде стандарта IETF исчерпаны на уровне точности сличения времени 1-10 мс. С другой стороны, в контрольно-измерительные системы промышленной автоматики стали широко внедрять технику Ethernet. Возникла недоступная для NTP ниша систем дистанционного сличения времени в локальных пакетных сетях с субмикросекундной точностью. Именно ее должен был занять PTP. Оформленный в виде стандарта IEEE 1588-2002, PTP не был приспособлен для техники электросвязи — в исследовательской группе разработчиков стандарта P1588 не было ни одного связиста.

Второй этап развития PTP приходится на первое десятилетие XXI века, когда в отрасли электросвязи стал очевидным переход от систем SDH к пакетной транспортной среде IP/MPLS/Ethernet, в которой невозможна передача тактовой частоты на физическом уровне. Правда, в этом нет необходимости на магистральном участке, но основные проблемы возникают не на магистральной, а на перевалочной сети мобильной связи (Mobile Backhaul), под которой понимают участок транспортной среды между базовыми станциями и магистральной сетью. Именно здесь синхронизация необходима — настолько, что кроме ITU-T ею озаботились такие организации, как IEEE, рабочая группа IETF под названием TICTOC (Timing over IP Connections and Transfer Of Clock), форум Ethernet на городском участке

Представлены результаты лабораторных и линейных испытаний промышленных образцов оборудования синхронизации по протоколу прецизионного времени (PTP) стандарта IEEE 1588-2008 с совокупностью параметров для электросвязи по Рекомендации G.8265.1 ITU-T (telecom profile), предназначенного для синхронизации частоты базовых станций в пакетной транспортной среде перевалочной сети мобильной связи (mobile backhaul).

(Metro Ethernet Forum — MEF), инициативная группа по открытой архитектуре базовых станций (Open Base Station Architecture Initiative — OBSAI).

Сначала по предложению ведущих операторов электросвязи в сентябре 2004 г. исследовательская группа 15 ITU-T предприняла попытку решить проблему тактовой синхронизации перевалочной сети путем разработки технических условий на "синхронный" Ethernet. Завершить ее планировали в 2008 г. и исполнители честно отчитались о проделанной работе [1]. Но вместо ожидаемого пакета исчерпывающих стандартов получилось некое обобщение постановки задачи в виде Рекомендации G.8261. Как оказалось, прямой перенос принципов синхронизации систем SDH на пакетные сети не состоялся [2] и внедрение простой идеи "синхронного" Ethernet может вызвать серьезные проблемы у операторов в виде увеличения капитальных затрат на оборудование и проек-

тирование, а также увеличение эксплуатационных расходов в процессе эксплуатации [3, 4]. Тогда в перечисленных выше органах стандартизации выбрали стратегию здравого смысла: оставить внедрение синхронного Ethernet на отдаленную перспективу, а на начальном этапе развертывания пакетных перевалочных сетей отдать предпочтение PTP [5]. Кроме того, "синхронный" Ethernet предназначен только для синхронизации частоты, а пакетные сети больше нуждаются в синхронизации времени. Приходится дополнять узел сети программой обработки меток времени PTP и для синхронизации времени между всеми взаимодействующими узлами сети поддерживать двусторонний фоновый "поток синхронизации" производительностью ~24,6 кбит/с [6].

Так или иначе связисты уже серьезно взялись за PTP: их было уже 42% в составе исследовательской группы P1588, которая разработала новую редакцию стандарта IEEE1588-2008.

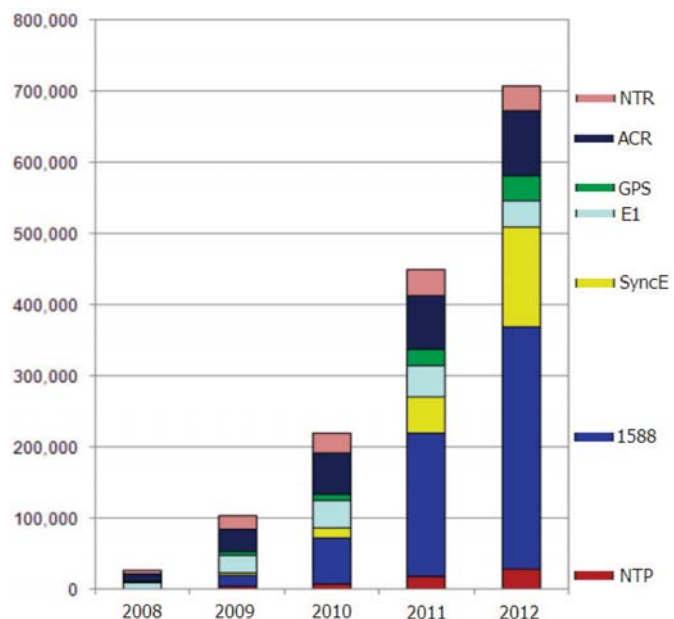


Рис. 1. Прогноз внедрения способов синхронизации частоты базовых станций на перевалочной сети мобильной связи

(источник: Heavy Reading, Carrier Ethernet Switch/Router, Ethernet Backhaul Market Tracker. Market analysis. July 2008)

Сам стандарт, по существу, распадается на совокупности параметров (profiles), совместимость которых обязательна лишь для ведущих часов, а ведомые часы могут работать в специфических, возможно, не совместимых условиях применения (энергетика, электросвязь, промышленная автоматика). Однако и в стандарте IEEE 1588-2008 далеко не все устраивало связистов: в 2010 г. на его основе разработана Рекомендация G.8265.1 ИТУ-T под названием "Совокупность параметров PTP для синхронизации частоты в электросвязи" — специально для перевалочной сети мобильной связи. Представляет интерес прогноз внедрения различных способов синхронизации частоты базовых станций в мировом масштабе 2008 г., представленный в виде рис. 1.

Здесь NTR (Network Timing Reference) — сетевая синхронизация xDSL, ACR — адаптивное восстановление тактовой частоты (Adaptive Clock Recovery), для которого не существует открытого стандарта, SyncE — "синхронный" Ethernet; некоторые поставщики базовых станций применяют NTP с увеличенной частотой запроса по отношению к стандартной частоте, равной 1 запросу в 2 с. По оси ординат указано число синхронизируемых базовых станций.

Ко времени подготовки этой статьи можно говорить о линейных испытаниях только того оборудования PTP, которое удовлетворяет Рекомендации G.8265.1. Однако в связи с внедрением техники LTE в мобильной связи возникает необходимость фазовой синхронизации радиосигналов в соседних сотах с микросекундной точностью. Специалисты пришли к выводу, что ее можно обеспечить только с помощью синхронизации времени. Для этого придется в очередной раз пересмотреть стандарт IEEE 1588: в обновленной исследовательской группе

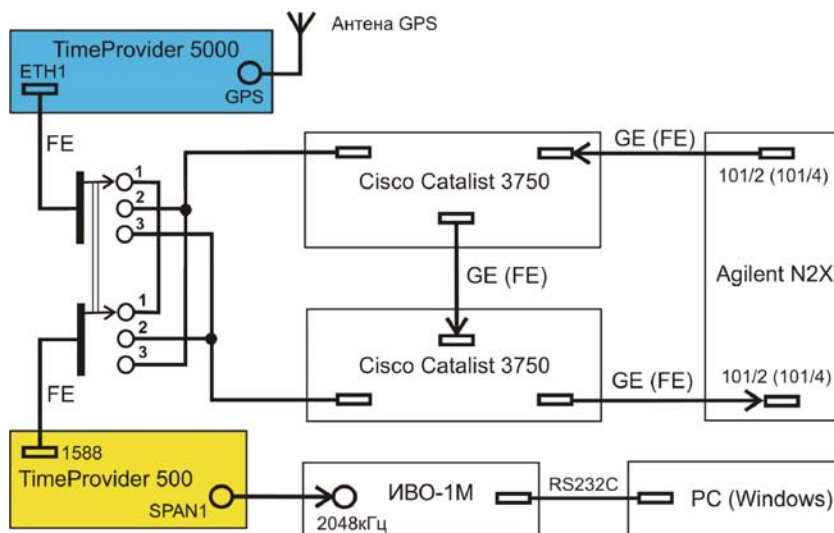


Рис. 3. Схема лабораторных испытаний

P1588, сформированной в начале 2013 г., доля инженеров электросвязи увеличена до 47,9%. В прогнозе на будущее, который показан на рис. 2, сохраняется явно выраженное предпочтение технике PTP.

Первые результаты испытаний промышленных образцов сервера TimeProvider 5000 и клиента TimeProvider 500 PTP от компании Symmetricom опубликованы в докладе [7]. Стоит обратить внимание на то, что оборудование соответствует Рекомендации G.8265.1, опубликованной в октябре 2010 г., а испытания проведены еще в 2008 г. Если учесть специфику стандартизации ИТУ-T, где Рекомендации вводят в действие только на основе проведенных НИР или/и по результатам испытаний образцов оборудования, то можно утверждать, что инициатором введения совокупности параметров PTP для электросвязи в виде G.8265.1 является компания Symmetricom. В конце 2009 г. [8] и в

начале 2010 г. [9] для испытаний системы TimeProvider 5000/500 были выделены опытные зоны на сетях двух ведущих операторов мобильной связи Украины. Далее представлены результаты проведенных испытаний.

Результаты лабораторных испытаний PTP

Для оценки зависимости качества синхронизации от загрузки элементов сети Ethernet была собрана схема измерений, показанная на рисунке 5. Основой этого эксперимента служит тестовый сигнал анализатора сетей передачи данных N2X, моделирующего односторонний трафик с заданными параметрами через последовательно соединенные элементы сети Cisco Catalyst 3750. Образованный таким образом тракт передачи данных с изменяемыми параметрами использовали для передачи сообщений PTP от сервера к клиенту с оценкой качества восстановления тактовой частоты UTC. В соответствии с требованиями нормативных документов для измерения стабильности частоты использован внешний опорный сигнал 5 МГц от цезиевого стандарта частоты в составе PRC.

Для того, чтобы оценить зависимость качества синхронизации от загрузки тракта передачи были предусмотрены такие варианты измерений:

1 — в положении 1 переключателя порт выделенного клиента подсоединен кабелем прямо к порту сервера PTP ("короткое замыкание");

2 — в положении 2 переключателя через загруженный на 98% канал GE между элементами сети передавали непрерывный поток циклов Ethernet со скоростью передачи 125512 циклов в секунду (~960 Мбит/с) и скоростью приема 125500 циклов в секунду, т.е. частота пропадаания циклов GE достигала $9 \cdot 10^{-5}$ —

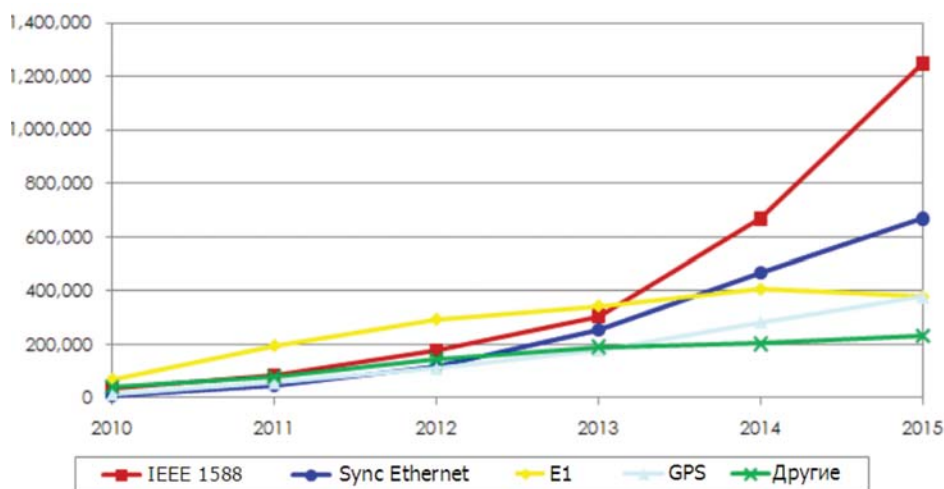


Рис. 2. Прогноз внедрения способов синхронизации базовых станций на перевалочной сети мобильной связи (источник: Heavy Reading's Ethernet Backhaul Quarterly Tracker, June 2011)